

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 2 月 3 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 0 2 6 3 2 3 号

出 願 人

Applicant (s):

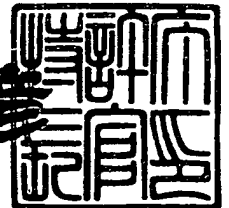
富士写真フイルム株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1 9 9 9 年 9 月 1 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平 1 1 - 3 0 6 2 6 2 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 P24244J

【提出日】 平成11年 2月 3日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 G06T 5/00
A61B 6/00
H04N 5/325

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 山田 雅彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代表者】 宗雪 雅幸

【代理人】

【識別番号】 100073184

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B E N E X S -
1 7 階

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【電話番号】 045-475-2623

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B E N E X S
- 1 7 階

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【電話番号】 045-475-2623

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法および装置並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記原画像とは異なる所定解像度の画像を表す所定解像度画像信号を前記原画像信号として前記処理済み画像信号を得る場合、前記所定解像度に基づいて前記所定の変換関数から該所定解像度に対応する変換関数を算出し、該算出された変換関数に基づいて前記処理済み画像信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記原画像信号に対して所定のフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記所定の変換関数は、非線形関数であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像処理方法。

【請求項 4】 前記変換処理は、周波数強調処理であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の画像処理方法。

【請求項 5】 前記変換処理は、ダイナミックレンジ圧縮処理であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の画像処理方法。

【請求項 6】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記原画像とは異なる所定解像度の画像を表す所定解像度画像信号を前記原画像信号として前記処理済み画像信号を得る場合に、前記所定解像度に基づいて前

記所定の変換関数から該所定解像度に対応する変換関数を算出する変換関数算出手段をさらに備え、前記変換処理手段は、前記算出された変換関数に基づいて前記処理済み画像信号を得る手段であることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 8】 前記所定の変換関数は、非線形関数であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の画像処理装置。

【請求項 9】 前記変換手段における変換処理は、周波数強調処理であることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 10】 前記変換手段における変換処理は、ダイナミックレンジ圧縮処理であることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 11】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体において、

前記プログラムは、前記原画像とは異なる所定解像度の画像を表す所定解像度画像信号を前記原画像信号として前記処理済み画像信号を得る場合に、前記所定解像度に基づいて前記所定の変換関数から該所定解像度に対応する変換関数を算出する手順を有し、前記変換処理を行う手順は、前記算出された変換関数に基づいて前記処理済み画像信号を得る手順であることを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 1 2】 前記複数の画像信号を作成する手順は、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成する手順と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成する手順とからなることを特徴とする請求項 1 1 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 1 3】 前記所定の変換関数は、非線形関数であることを特徴とする請求項 1 1 または 1 2 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 1 4】 前記変換処理は、周波数強調処理であることを特徴とする請求項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 1 5】 前記変換処理は、ダイナミックレンジ圧縮処理であることを特徴とする請求項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像信号に対して所定の周波数成分を強調するなどの処理を行うための画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、本出願人により、非鮮鋭マスク画像信号（以下、ボケ画像信号という）を用いて周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理などを行って放射線画像の診断性能を向上させる数々の画像処理方法および装置が提案されている（特開昭55-163472号、同55-87953号、特開平3-222577号、特開平10-75395号、同10-171983号など）。例えば周波数強調処理は、原画像信号 S_{org} からボケ画像信号 S_{us} を引いたものに強調係数 B を乗じたものを、原画像信号 S_{org} に加算す

ることにより、原画像信号の所定の空間周波数成分を強調するものである。これを式で表すと下記の式（１）のようになる。

【 0 0 0 3 】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta \times (S_{org} - S_{us}) \quad \cdots (1)$$

（ S_{proc} ：周波数強調処理された信号、 S_{org} ：原画像信号、

S_{us} ：ボケ画像信号、 β ：強調係数）

また、特開平10-75395号には、原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特性を調整することにより、周波数強調処理された信号に対してアーチファクトが発生することを防止する方法が提案されている。この方法とは、まず鮮鋭度の異なる、すなわち周波数応答特性の異なる複数のボケ画像信号を作成し、そのボケ画像信号および原画像信号の中の２つの信号の差分をとることにより、原画像信号の、ある限られた周波数帯域の周波数成分を表す複数の帯域制限画像信号（以下バンドパス信号とする）を作成し、さらにそのバンドパス信号をそれぞれ異なる変換関数によって所望の大きさとなるように変換してから、その複数の抑制されたバンドパス信号を積算することにより上記加算信号を作成するものである。この処理は例えば下記の式（２）により表すことができる。

【 0 0 0 4 】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \cdots S_{usN})$$

$$F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \cdots S_{usN})$$

$$= f_1 (S_{org} - S_{us1}) + f_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \cdots$$

$$+ f_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \cdots + f_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \quad \cdots (2)$$

（但し、 S_{proc} ：処理済み画像信号

S_{org} ：原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$ ：ボケ画像信号

$f_k(k=1 \sim N)$ ：各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta (S_{org})$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数）

さらに、特開平10-171983号には、周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理とを同時に施す場合において、処理が施された信号に対してアーチファクトが発生することを防止する方法が提案されている。この方法とは、上記特開平10

-75395号に記載されたように、複数のバンドパス信号を作成し、このバンドパス信号に基づいて原画像信号の高周波成分に関する信号（高周波成分信号）および低周波成分に関する信号（低周波成分信号）を得、原画像信号にこれらの高周波成分に関する信号および低周波成分に関する信号を加算することにより周波数強調処理を施すとともにダイナミックレンジ圧縮処理を施すようにしたものである。この処理は例えば下記の式（3）により表すことができる。

【0005】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ + D (S_{org} - F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})) \dots (3)$$

$$F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ = \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{uk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \\ F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ = \{ f_{d1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{d2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{dk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \}$$

（但し、 S_{proc} ：処理済み画像信号

S_{org} ：原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$ ：ボケ画像信号

$f_{uk}(k=1 \sim N)$ ：高周波成分信号を得るために使用する変換関数

$f_{dk}(k=1 \sim N)$ ：低周波成分信号を得るために使用する変換関数

$\beta (S_{org})$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数

$D (S_{org} - F_{drc})$ ：低周波成分信号に基づいて定められる

ダイナミックレンジ圧縮係数

（ D は $S_{org} - F_{drc}$ を変換する関数））

一方、上述した変換処理に用いられるボケ画像信号は、原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、その後間引きした数分の画素を所定の補間方法によって補間することにより作成される。このフィルタリング処理としては、ローパスフィルタにより原画像信

号の高周波成分を取り除くような処理、具体的にはフィルタ内の画素値の平均値や、荷重平均値を求めるといった処理が行われている。上記特開平10-75395号などにおいてボケ画像信号を得るために行われるフィルタリング処理では、原画像信号に対してフィルタリング処理を施して得られた画素数の少ない信号に対してさらにこのフィルタリング処理を施して、フィルタリングの各段階で得られた画素数の少ない画像信号をそれぞれ原画像信号と同じ画素数となるように補間することにより、複数の異なるボケ画像信号を作成している。

【0006】

ボケ画像信号は、上記のように原画像信号に基づいて作成されるものであるが、この原画像信号は、読取装置により原画像信号を所定の読取密度で読み取って所定の画素密度を有する画像を再現可能なデジタル信号としたものである。一般に、デジタル化された画像信号を例えばプリント出力として再生する場合、画素密度によって決定されるある周波数（ナイキスト周波数）以下の周波数成分は正しく再生されることが知られている。すなわち、読取密度すなわち画素密度は再生時に必要となる画質レベルを考慮して決定されるため、必ずしも一定であるとは限らない。

【0007】

例えば、放射線画像読取再生システムでは、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として読み取っているが、読取密度すなわち画素密度は蓄積性蛍光体シートの大きさによって異なったり、ユーザの設定により任意の値に変更することができるものである。

【0008】

ここで、ナイキスト周波数が異なる画像信号に対し、同一のローパスフィルタによるフィルタリング処理、および同一の補間方法による補間処理を施した場合、得られるバンドパス信号の周波数特性、具体的にはバンドパス信号の周波数帯域は画素密度によって異なることとなる。これにより、例えば1つの原画像を2種類の読取密度で読み取って2種類の画素密度を有する原画像信号を得た場合、同じボケ画像信号を用いてバンドパス信号を得て周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理を行っても、強調される周波数帯域あるいは圧縮される周

波数帯域は2種類の原画像信号でそれぞれ異なってしまうという問題が生じる。

【0009】

このため、原画像信号の画素密度に関する情報を得、その情報に基づいて複数のフィルタ係数リストからフィルタ係数を選択し、選択されたフィルタ係数のフィルタによって原画像信号に対してフィルタリング処理を行ってボケ画像信号を得るようにした方法が提案されている（特開平10-63837号）。ここで例えば読取密度が5本/mmと6.7本/mmの原画像信号に対して同一のローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより得られるバンドパス信号はその周波数帯域が異なるものとなるが、この方法によれば各原画像信号に対してそれぞれ異なるローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより、各原画像信号から得られるバンドパス信号の周波数帯域を略一致させることができる。したがって、画素密度に拘わらず同じ周波数特性のボケ画像信号を作成することができ、これにより同じ周波数特性のバンドパス信号を作成し、所望の変換処理、例えば上述したような周波数強調処理を、常に同じように行うことができることとなる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述したような周波数強調処理などを行う画像処理装置においては、放射線画像読取再生システムにおいて得られた原画像信号のみならず、入力モダリティの種類などに応じて解像度が異なる画像を表す原画像信号が入力されることがある。このような場合に予め定められた解像度（以下基準解像度とする）に対応する変換関数により、基準解像度とは異なる解像度の画像を表す画像信号に対して上述した周波数強調処理などを施すと、得られる画像が、基準解像度の画像を表す画像信号に対して処理を施した場合と異なる周波数応答特性を有するものとなるおそれがある。この場合、解像度に応じて変換関数を用意し、解像度に応じた変換関数を選択して周波数強調処理などを施すことにより、処理を施す画像の解像度に拘わらず同一の周波数応答特性を有する画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。しかしながら、解像度に応じて変換関数を用意したのでは、変換関数の数が膨大なものとなり、変換関数の管理が非常に煩わし

いものとなる。

【0 0 1 1】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、処理する画像の解像度に拘わらず、周波数強調処理などの変換処理を常に同じように行うことができる画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

【0 0 1 2】

【課題を解決するための手段】

本発明による画像処理方法は、原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記原画像とは異なる所定解像度の画像を表す所定解像度画像信号を前記原画像信号として前記処理済み画像信号を得る場合、前記所定解像度に基づいて前記所定の変換関数から該所定解像度に対応する変換関数を算出し、該算出された変換関数に基づいて前記処理済み画像信号を得ることを特徴とするものである。

【0 0 1 3】

ここで、「バンドパス特性」とは、原画像信号における複数の周波数帯域毎の周波数応答特性のことをいう。

【0 0 1 4】

また、「変換処理」とは、具体的には、上記式（2）に示すような原画像信号に含まれる特定の周波数成分を強調する周波数強調処理や、上記式（3）に示すような原画像の最高濃度と最低濃度との差すなわちダイナミックレンジを狭めるように高濃度域もしくは低濃度域あるいは高濃度域および低濃度域の双方のコントラストを下げるダイナミックレンジ圧縮処理などが挙げられる。

【0 0 1 5】

さらに、「所定解像度」は、オペレータが入力してもよく、所定解像度画像信号に解像度に関する情報を付与しておき、所定解像度画像信号を処理する際に解

像度に関する情報を自動的に取得するようにしてもよい。また、「所定解像度」とは、例えば蓄積性蛍光体シートに記録された放射線画像を読み取る際の読取密度のみならず、例えば原画像のサイズと原画像信号を得る際のサンプリングの関係を表す解像度の値（例えば d p i ）であってもよい。

【 0 0 1 6 】

さらにまた、「所定解像度に基づいて所定解像度に対応する変換関数を算出する」とは、例えば、原画像信号および所定解像度画像信号から得られる複数の画像信号、所望の周波数応答特性、および変換関数のパラメータの関係式を、複数の画像信号と周波数応答特性を既知の値とし、変換関数のパラメータを変数とする連立方程式として解くことによりパラメータを求めるなどの方法であってもよく、所定の変換関数、所定解像度から得られる複数の画像信号の周波数帯域から、内挿、外挿などの演算を行うことにより算出する方法であってもよい。なお、変換関数としては、線形関数、非線型関数、定数など種々の態様のものを用いることができる。

【 0 0 1 7 】

また、「算出された変換関数に基づいて前記処理済み画像信号を得る」とは、所定解像度画像信号を原画像信号として互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、各画像信号に対して算出された変換関数に基づいて変換処理を行って変換画像信号を得、この変換画像信号から処理済み画像信号を得ることをいう。

【 0 0 1 8 】

なお、本発明による画像処理方法においては、前記原画像信号に対して所定のフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、この複数のバンドパス信号を複数の画像信号とすることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

ここで、「ボケ画像信号」とは、画素数は原画像信号と同じであるが原画像信

号よりも鮮鋭度が低い画像を表す画像信号である。ボケ画像信号は、まず原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、そのようにして得た画像信号に対して同様のフィルタリング処理を繰り返してさらに画素数を少なくした画像信号を複数作成し、そのそれぞれに対して、所定の補間方法により原画像と画素数が同じになるように補間処理を施すことにより作成する。ここで、フィルタリング処理は画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタにより行われるものであり、その具体的手法については上述した特開平10-63837号に記載されている。

【 0 0 2 0 】

また、「原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号」は、例えば隣接する周波数帯域のボケ画像信号同士で差分をとって作成してもよいし、原画像信号と各ボケ画像信号の差分をとって作成してもよい。あるいは原画像信号とボケ画像信号の他の組み合わせで差分をとって作成することもできる。

【 0 0 2 1 】

本発明による画像処理装置は、原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記原画像とは異なる所定解像度の画像を表す所定解像度画像信号を前記原画像信号として前記処理済み画像信号を得る場合に、前記所定解像度に基づいて前記所定の変換関数から該所定解像度に対応する変換関数を算出する変換関数算出手段をさらに備え、前記変換処理手段は、前記算出された変換関数に基づいて前記処理済み画像信号を得る手段であることを特徴とするものである。

【 0 0 2 2 】

なお、前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作

成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることが好ましい。

【0023】

また、本発明による画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

【0024】

【発明の効果】

本発明によれば、原画像信号とは異なる所定解像度の画像を表す所定解像度画像信号に対して周波数強調処理などの変換処理を行う場合に、所定解像度に基づいて基準となる所定の変換関数から所定解像度に対応する変換関数を算出し、算出された変換関数に基づいて変換処理を行うようにしたものである。このため、所定解像度画像信号から得られる変換画像信号においてはその周波数応答特性を所定の変換関数を用いて原画像信号を処理した場合に得られる変換画像信号の周波数応答特性と略同一のものとすることができ、これにより得られる処理済み画像信号を再生することにより得られる画像においては、その周波数応答特性を解像度に拘わらず略一定のものとすることができる。したがって、解像度に影響されない一定の周波数応答特性を有する画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。

【0025】

また、所定の変換関数に基づいて所定解像度画像信号に対して変換処理を行う場合の変換関数を算出しているため、解像度毎に複数の変換関数を用意する必要がなくなり、これにより変換関数の管理の煩わしさをなくすることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の画像処理方法および装置の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下に示す画像処理装置は、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像を読み取って得た画像信号に対して、その画像が診断に適した画像となるように、ボケ画像信号を使用して周波数強調処理を施すものであり

、処理された画像信号は主としてフィルムに記録され、診断に用いられる。

【0027】

図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。画像処理装置1は、読取装置などにおいて得られた所定の解像度を有する原画像信号 S_{org} からボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段2と、特定の周波数を強調するための周波数強調処理を行って処理済み画像信号 S_{proc} を得る変換処理手段3とを有する。さらに、この画像処理装置1は、変換関数算出手段4と解像度情報入力手段5とを備える。変換関数算出手段4は、変換処理手段3が変換処理に使用する変換関数を算出する手段であり、後述するように解像度情報入力手段5から入力される解像度情報に基づいて、基準となる解像度を有する原画像信号（以下基準原画像信号とする） S_{org0} に対して周波数強調処理を施す際に使用する変換関数を用いて画像の解像度に応じた変換関数を算出するものである。解像度情報入力手段5は原画像信号 S_{org} の解像度情報 M を得るための手段である。解像度情報入力手段5による入力は、ユーザがキーボードから数値として入力してもよいし、操作画面に数種類の密度を表示してユーザに選択させるといった形態でもよい。あるいは読取装置側で、解像度情報 M を原画像信号 S_{org} に添付しておき、画像処理装置1が入力された画像信号毎に添付された解像度情報 M を認識するようにしてもよく、変換関数算出手段4が解像度を認識することができれば、どのような形態であってもよい。

【0028】

ここで、まずボケ画像信号の作成処理について詳細に説明する。図2はボケ画像信号作成処理の概要を示すブロック図である。図2に示されるように、図1のボケ画像信号作成手段2は、まずフィルタリング処理手段10により、原画像信号 S_{org} に対し、原画像の画素の x 方向および y 方向に対してフィルタリング処理を施して原画像信号 S_{org} よりも解像度が低い画像信号 B_1 （以下、低解像度画像信号という）を作成し、次にこの低解像度画像信号 B_1 に対して同様のフィルタリング処理を施してこの低解像度画像信号 B_1 よりもさらに解像度が低い低解像度画像信号 B_2 を作成し、以降順次同様のフィルタリング処理を重ねていくものである。そして、補間処理手段11により、このフィルタリング処理の各段に

において得られる低解像度画像信号 B_k に対して、それぞれ補間拡大処理を施して、鮮鋭度の異なる複数のボケ画像信号 $S_{us1} \sim S_{usN}$ (以下 S_{usk} ($k=1 \sim N$) で代表させる) を得るものである。

【0029】

本実施形態においては、上記フィルタリング処理のフィルタとして、1次元ガウス分布に略対応したフィルタを使用する。すなわちフィルタのフィルタ係数を、ガウス信号に関する下記の式(4)にしたがって定める。

【0030】

【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(4)$$

【0031】

これは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において局在性がよいためであり、例えば上記(4)式において $\sigma=1$ とした場合の 5×1 の1次元フィルタは図3に示すようなものとなる。

【0032】

フィルタリング処理は、図4に示すように、原画像信号 S_{org} に対して、あるいは低解像度画像信号に対して1画素おきに行う。このような1画素おきのフィルタリング処理をx方向、y方向に行うことにより、低解像度画像信号 B_1 の画素数は原画像の $1/4$ となり、フィルタリング処理により得られる低解像度画像信号に対して繰り返しこのフィルタリング処理を施すことにより、得られる n 個の低解像度画像信号 B_k ($k=1 \sim n$) は、それぞれ、画素数が原画像信号 S_{org} の $1/2^{2k}$ の画像信号となる。

【0033】

次に、このようにして得られた低解像度画像信号 B_k に対して施される補間拡大処理について説明する。補間演算の方法としては、Bスプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本実施形態においては、上記フィルタリング処理においてガウス信号に基づくローパスフィルタを用いているため、補間演算につ

いてもガウス信号を用いるものとする。具体的には、下記の式(5)において、 $\sigma = 2^{k-1}$ と近似したものを用いる。

【0034】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(5)$$

【0035】

画像信号 B_1 を補間する際には、 $k=1$ であるため $\sigma=1$ となる。この場合、補間処理を行うためのフィルタは、図5に示すように 5×1 の1次元フィルタとなる。この補間処理は、まず低解像度画像信号 B_1 に対して1画素おきに値が0の画素を1つずつ補間することにより低解像度画像信号 B_1 を原画像と同一のサイズに拡大し、次に、この補間された低解像度画像信号 B_1 に対して上述した図5に示す1次元フィルタによりフィルタリング処理を施すことにより行われる。

【0036】

同様に、この補間拡大処理を全ての低解像度画像信号 B_k に対して行う。低解像度画像信号 B_k を補間する際には、上記式(5)に基づいて、 $3 \times 2^{k-1}$ の長さのフィルタを作成し、画像信号 B_k の各画素の間に値が0の画素を 2^{k-1} 個ずつ補間することにより、原画像と同一サイズに拡大し、この値が0の画素が補間された画像信号 B_k に対して $3 \times 2^{k-1}$ の長さのフィルタにより、フィルタリング処理を施すことにより補間拡大する。

【0037】

次に、上記のようにして作成されたボケ画像信号 S_{usk} を用いて行われる変換処理について説明する。図6は変換処理の一例としての周波数強調処理を行う装置の構成をボケ画像信号作成手段2とともに示す概略ブロック図である。図6に示すように、原画像信号 S_{org} とフィルタリング処理手段10および補間処理手段11により作成されたボケ画像信号 S_{usk} について、減算器21によりそれらの信号の差分が求められ、原画像信号 S_{org} の限られた周波数帯域の成分であるバンドパス信号 ($S_{org} - S_{us1}$ 、 $S_{us1} - S_{us2}$ など) が作成される。

【0038】

そして、このバンドパス信号が変換器22においてそれぞれ異なる変換関数 $f_1 \sim f_N$ により所望の大きさとなるように抑制され、さらに下記の式(2)にしたがって、その複数の抑制されたバンドパス信号が演算器23において積算され、さらに原画像信号に加算されて、処理済み画像信号 S_{proc} が生成される。これにより所望とする周波数成分を目的に応じた度合いで強調した処理済み画像信号 S_{proc} を得ることができる。

【0039】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta(S_{org}) \times F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})$$

$$F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})$$

$$= f_1(S_{org} - S_{us1}) + f_2(S_{us1} - S_{us2}) + \dots$$

$$+ f_k(S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N(S_{usN-1} - S_{usN}) \dots (2)$$

(但し、 S_{proc} ：高周波成分が強調された画像信号

S_{org} ：原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$ ：ボケ画像信号

$f_k(k=1 \sim N)$ ：各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta(S_{org})$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数)

なお、第1の実施形態においては、変換関数は定数とする。ここで、10本/mmの解像度を有する原画像信号 S_{org} から得られるバンドパス信号の周波数応答特性を図7に示す。図7に示すように原画像信号 S_{org} からは6つのバンドパス信号が得られ、そのそれぞれに対して変換関数は下記の表1に示すような値を有するものとする。ここで、10本/mm解像度の原画像信号 S_{org} のナイキスト周波数は5 cycle/mmであり、最高周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数がこのナイキスト周波数となる。そして、最高周波数帯域の次の周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数はナイキスト周波数の1/5の値を有する1.0 cycle/mmとなり、以下低周波数帯域となるにつれて、0.5 cycle/mm、0.25 cycle/mm、0.12 cycle/mm、0.06 cycle/mmのようにピーク周波数は前段の周波数帯域の1/2の関係となっている。

【0 0 4 0】

【表 1】

| バンドパス信号のピーク周波数 (cycle/mm) | 5 | 1.0 | 0.5 | 0.25 | 0.12 | 0.06 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 変換関数 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.60 | 0.40 | 0.20 |

【0 0 4 1】

以上、処理済み画像信号 S_{proc} の作成について説明したが、次に、本発明が解決しようとする問題点およびその解決手段について例を示して説明する。上述したように原画像信号 S_{org} の所望とする周波数成分を強調するためには、バンドパス信号の周波数帯域に応じた変換関数 f_k を用いて周波数強調処理を行えばよい。しかしながら、10本/mmの解像度を有する原画像信号 S_{org} に対して周波数強調処理を行う際に使用する変換関数を、300 dpi の解像度を有する原画像信号 S_{org} に対して適用した場合、10本/mmの解像度を有する原画像信号 S_{org} から得られる処理済み画像信号 S_{proc} と 300 dpi の解像度を有する原画像信号 S_{org} から得られる処理済み画像信号 S_{proc} とにおいて、得られる画像の周波数応答特性が図 8 に示すように異なるものになってしまう。

【0 0 4 2】

したがって、第 1 の実施形態においては、例えば10本/mmの解像度を有する原画像信号 S_{org} を基準原画像信号 S_{org0} とし、基準原画像信号 S_{org0} に対して周波数強調処理を施す際に使用する変換関数（以下基準変換関数とする）を用いて、300 dpi の原画像信号 S_{org} に対して周波数強調処理を施す際に使用する変換関数を算出するようにしたものである。以下、変換関数の算出について説明する。

【0 0 4 3】

図 9 は 300 dpi 解像度の原画像信号 S_{org} から得られるバンドパス信号の周波数応答特性を示す図である。図 9 に示すように、300 dpi 解像度の原画像信号 S_{org} のナイキスト周波数は 5.9 cycle/mm であり、最高周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数がこのナイキスト周波数となる。そして、最高周波数帯域の次の周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数はナイキスト周波数の

1/5の値である1.18 cycle/mmとなり、以下低周波数帯域となるにつれて、0.59 cycle/mm、0.30 cycle/mm、0.15 cycle/mm、0.07 cycle/mmのようにピーク周波数は前段の周波数帯域の1/2の関係となっている。この関係は図7に示した基準原画像信号 Sorg0のバンドパス信号の周波数応答特性の関係と一致するものであり、この関係は、低解像度画像信号を作成する際のフィルタを変更しない限り原画像信号 Sorgの解像度に拘わらず成立するものである。

【0044】

したがって、基準原画像信号 Sorg0から得られるバンドパス信号のピーク周波数、300 dpi 解像度の原画像信号 Sorgから得られるバンドパス信号のピーク周波数および基準変換関数に基づいて、内挿あるいは外挿の線形補間を行うことにより、下記の表2に示すように300 dpi 画像に対する変換関数を求めることができる。具体的には、ピーク周波数が1.18 cycle/mmとなるバンドパス信号に対応する変換関数は、表1における5 cycle/mmおよび1 cycle/mmの変換関数の値から、ピーク周波数と変換関数の値との関係を下記の式(6)により求め、この式(6)に300 dpi 解像度のピーク周波数の値を代入してそのピーク周波数における変換関数の値を求める。そして、この線形補間を全ピーク周波数に対して行い、各バンドパス信号に対応する変換関数を求める。なお、ここでは線形補間により求めているが、これに限定されるものではない。

【0045】

【表2】

| バンドパス信号のピーク周波数 (cycle/mm) | 5.9 | 1.18 | 0.59 | 0.30 | 0.15 | 0.07 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 変換関数 | 1.02 | 0.91 | 0.82 | 0.64 | 0.45 | 0.24 |

【0046】

$$f_x = 1/40 \times C + 0.875 \quad (6)$$

但し、 f_x ：求めるべき変換関数の値

C ：ピーク周波数

そしてこのようにして求められた変換関数により変換処理手段3において、変換処理（周波数強調処理）が行われて処理済み画像信号 Sprocが得られる。ここ

で、上述したようにして求められた変換関数により処理が施された処理済み画像信号 S_{proc} と基準原画像信号 S_{org0} に対して基準変換関数により処理を施すことにより得られた処理済み画像信号 S_{proc0} とにおける周波数応答特性の関係を図 10 に示す。図 10 に示すように、第 1 の実施形態によれば処理を施す原画像信号の解像度に拘わらず略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号 S_{proc} が得られることが分かる。

【0047】

次いで、第 1 の実施形態の動作について説明する。図 11 は本実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、読取装置などから原画像信号 S_{org} が画像処理装置 1 に入力される（ステップ S1）。原画像信号 S_{org} はボケ画像信号作成手段 2 に入力されてここでボケ画像信号 S_{usk} が作成される（ステップ S2）。一方、解像度情報入力手段 5 には、原画像信号 S_{org} の解像度情報 M が入力され（ステップ S3）、入力された解像度情報 M に基づいて変換関数算出手段 4 において上述したように解像度に応じた変換関数が算出される（ステップ S4）。なお、ステップ S1、2 の処理よりもステップ S3、4 の処理を先に行ってもよいが、これらの処理を並列して行うことにより演算時間を短縮することができる。変換処理手段 3 においては、ボケ画像信号 S_{usk} に基づいてバンドパス信号が作成され、さらに変換関数算出手段 4 において算出された変換関数に基づいて上記式（2）に示す周波数強調処理が行われ処理済み画像信号 S_{proc} が得られる（ステップ S5）。

【0048】

この周波数強調処理は、ボケ画像信号を用いて強調のために原画像信号に加算する加算信号を作成するものであり、周波数強調処理を行うことによってアーチファクトが発生しないようにするために、この加算信号を構成する各周波数帯域の信号がそれぞれ所望の信号となるよう、周波数帯域毎に異なる変換処理を施すものである。所望の信号を作成するためには、原画像信号 S_{org} の解像度に拘わらず所望の周波数応答特性を有する信号となることが好ましい。第 1 の実施形態によれば、解像度に拘わらず処理済み画像信号 S_{proc} の周波数応答特性が略同一のものとなるように変換関数を算出するようにしたため、原画像の解像度に拘わ

らず略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号 S_{proc} を得ることができる。

【0049】

また、基準変換関数に基づいて解像度毎に変換関数を算出しているため、解像度毎に複数の変換関数を用意する必要が無くなり、これにより変換関数の管理の煩わしさをなくすことができる。

【0050】

なお、上記第1の実施形態においては、基準変換関数を10本/mmの解像度に対応する1組のみ用いて任意の解像度に対応する変換関数を算出しているが、例えば利用頻度が高い2種類の基準解像度に対応する変換関数を基準変換関数として用意し、処理を施す画像の解像度が上記2種類の基準解像度のいずれに近い値を有するか否かを判断し、解像度が近い方の基準変換関数を用いて処理を施す画像の解像度に対応した変換関数を求めてもよい。具体的には、2種類の基準解像度およびこれらに対応する変換関数を第1および第2の基準解像度、第1および第2の基準変換関数とし、さらに第1および第2の基準変換関数の使用範囲を図12(a)に示すように設定した場合において、処理を施す原画像信号により表される画像の解像度が図中矢印Aの部分である場合には第1の基準変換関数を使用し、矢印Bの部分である場合には第2の基準変換関数を使用する。また、第1および第2の基準変換関数の使用範囲を図12(b)に示すように設定した場合において、処理を施す原画像信号により表される画像の解像度が図中矢印Cの部分である場合には第1の基準変換関数を使用し、矢印Dの部分である場合には第2の基準変換関数を使用してもよい。

【0051】

また、上記第1の実施形態においては変換関数を定数としているが、所定の傾きを有する非線形関数を用いてもよい。以下、変換関数を非線形関数とした場合における解像度に応じた変換関数の算出について第2の実施形態として説明する。第2の実施形態においては、変換関数 f_k として下記の式(7)に示す非線形関数が用いられる。

【 0 0 5 2 】

$$f(\text{Sin}) = \text{Sout} = \text{Sin} \times Y \times (\exp(X/\text{Sin}) - 1) / (\exp(X/\text{Sin}) + 1) \quad \dots (7)$$

式 (7) において、Sin は入力信号、Sout は出力信号、X は非線形の程度すなわち抑制条件を決定するパラメータ、Y は関数全体の傾きすなわち周波数応答特性をコントロールするパラメータである。そして、パラメータ X、Y を調整することによりバンドパス信号の周波数応答特性を変更することができる。第 2 の実施形態においては、パラメータ X、Y として、下記の表 3 に示すものを用いる。なお、表 3 においては、10 本/mm、6.7 本/mm および 5 本/mm の画素密度を有する原画像信号に対するパラメータを示すものであり、上の行ほど高周波帯域のバンドパス信号に対するパラメータとなっている。ここで、ナイキスト周波数が低くなるほど非線形処理に使用するバンドパス信号の数は図 1 3 に示すように少なくなる。例えば 10 本/mm の解像度の場合には 6 つのバンドパス信号を用いるが 6.7 本/mm および 5 本/mm の解像度の場合には 5 つのバンドパス信号のみが用いられる。これは、6.7 本/mm および 5 本/mm の画素密度において 0.03 cycle/mm にピークを有する低周波数帯域に対しては、10 本/mm に相当する低周波数帯域が存在しないためである。また、ここでも基準原画像信号の解像度を 10 本/mm とし、表 3 に示すパラメータ X、Y の組からなる変換関数を基準変換関数とする。また、処理が施される原画像信号により表される画像の解像度を 200 dpi とする。

【 0 0 5 3 】

【表 3】

| 10 本/mm | | 6.7 本/mm | | 5 本/mm | |
|---------|------|----------|------|--------|------|
| X | Y | X | Y | X | Y |
| 15 | 1.00 | 20 | 1.00 | 20 | 1.00 |
| 20 | 0.99 | 30 | 0.83 | 30 | 0.81 |
| 30 | 0.80 | 40 | 0.67 | 40 | 0.66 |
| 40 | 0.66 | 50 | 0.43 | 50 | 0.42 |
| 50 | 0.41 | 60 | 0.32 | 60 | 0.29 |
| 60 | 0.29 | | | | |

【 0 0 5 4 】

図 1 4 は 200 dpi 解像度の原画像信号 S_{org} から得られるバンドパス信号

の周波数応答特性を概略的に示す図である。図 1 4 に示すように、2 0 0 d p i 解像度の原画像信号 S_{org} のナイキスト周波数は約 4. 0 (厳密には 3. 9 3 7) cycle/mm であり、最高周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数がこのナイキスト周波数となる。そして、最高周波数帯域の次の周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数はナイキスト周波数の $1/5$ の値である 0. 8 cycle/mm となり、以下低周波数帯域となるにつれて、0. 4 cycle/mm、0. 2 cycle/mm、0. 1 cycle/mm、0. 0 5 cycle/mm のようにピーク周波数は前段の周波数帯域の $1/2$ の関係となっている。この関係は図 7 に示した 10 本/mm の解像度を有する基準原画像信号 S_{org0} のバンドパス信号の周波数応答特性の関係と一致するものであり、この関係は、低解像度画像信号を作成する際のフィルタを変更しない限り原画像信号 S_{org} の解像度に拘わらず成立するものである。このような周波数応答特性を有する 2 0 0 d p i 画像を表す原画像信号 S_{org} に対して基準変換関数により処理を施すことにより得られる処理済み画像信号 S_{proc} と基準原画像信号 S_{org0} に対して基準変換関数により処理を施すことにより得られる処理済み画像信号 S_{proc0} との周波数応答特性を図 1 5 に示す。図 1 5 に示すように処理済み画像信号 S_{proc} は処理済み画像信号 S_{proc0} と比較して低周波数帯域が強調された画像となってしまう。

【0 0 5 5】

このため、上記第 1 の実施形態と同様にして、処理を施す原画像信号の解像度に応じて基準変換関数から処理に用いる変換関数を算出する。以下変換関数の算出について説明する。第 2 の実施形態においては、基準原画像信号から得られるバンドパス信号のピーク周波数、変換関数のパラメータ (ここでは表 3 における Y の値) および処理を施す 2 0 0 d p i 画像を表す原画像信号 S_{org} から得られるバンドパス信号のピーク周波数が予め分かっており、さらには求める変換関数の数が 6 個であることも分かっている。そこで、まず下記の式 (8) により基準原画像信号のバンドパス信号の周波数応答特性、2 0 0 d p i 解像度の原画像信号に基づくバンドパス信号のピーク周波数、および基準変換関数のパラメータ Y から 2 0 0 d p i 解像度の原画像信号 S_{org} に基づくバンドパス信号のピーク周波数に対応する周波数でのレスポンスを求める。

【 0 0 5 6 】

$$\begin{aligned} R1 &= X1 [F1] * Y1 + X2 [F1] * Y2 + X3 [F1] * Y3 + X4 [F1] * Y4 + X5 [F1] * Y5 + X6 [F1] * Y6 \\ R2 &= X1 [F2] * Y1 + X2 [F2] * Y2 + X3 [F2] * Y3 + X4 [F2] * Y4 + X5 [F2] * Y5 + X6 [F2] * Y6 \\ R3 &= X1 [F3] * Y1 + X2 [F3] * Y2 + X3 [F3] * Y3 + X4 [F3] * Y4 + X5 [F3] * Y5 + X6 [F3] * Y6 \\ R4 &= X1 [F4] * Y1 + X2 [F4] * Y2 + X3 [F4] * Y3 + X4 [F4] * Y4 + X5 [F4] * Y5 + X6 [F4] * Y6 \\ R5 &= X1 [F5] * Y1 + X2 [F5] * Y2 + X3 [F5] * Y3 + X4 [F5] * Y4 + X5 [F5] * Y5 + X6 [F5] * Y6 \\ R6 &= X1 [F6] * Y1 + X2 [F6] * Y2 + X3 [F6] * Y3 + X4 [F6] * Y4 + X5 [F6] * Y5 + X6 [F6] * Y6 \\ &\dots (8) \end{aligned}$$

但し、 $R1 \sim R6$: ピーク周波数におけるレスポンス (2 0 0 d p i 画像)

$X1 [F1] \sim X6 [F6]$: 基準原画像信号に基づいて作成されたバンドパス信号
の $F1 \sim F6$ の周波数におけるレスポンス

$Y1 \sim Y6$: 基準変換関数のパラメータ

そしてこのようにしてレスポンス $R1 \sim R6$ が求められると下記の連立方程式 (9) を解くことにより、2 0 0 d p i 解像度画像に対応する変換関数のパラメータ $A1 \sim A6$ を求める。

【 0 0 5 7 】

$$\begin{aligned} R1 &= Z1 [F1] * A1 + Z2 [F1] * A2 + Z3 [F1] * A3 + Z4 [F1] * A4 + Z5 [F1] * A5 + Z6 [F1] * A6 \\ R2 &= Z1 [F2] * A1 + Z2 [F2] * A2 + Z3 [F2] * A3 + Z4 [F2] * A4 + Z5 [F2] * A5 + Z6 [F2] * A6 \\ R3 &= Z1 [F3] * A1 + Z2 [F3] * A2 + Z3 [F3] * A3 + Z4 [F3] * A4 + Z5 [F3] * A5 + Z6 [F3] * A6 \\ R4 &= Z1 [F4] * A1 + Z2 [F4] * A2 + Z3 [F4] * A3 + Z4 [F4] * A4 + Z5 [F4] * A5 + Z6 [F4] * A6 \\ R5 &= Z1 [F5] * A1 + Z2 [F5] * A2 + Z3 [F5] * A3 + Z4 [F5] * A4 + Z5 [F5] * A5 + Z6 [F5] * A6 \\ R6 &= Z1 [F6] * A1 + Z2 [F6] * A2 + Z3 [F6] * A3 + Z4 [F6] * A4 + Z5 [F6] * A5 + Z6 [F6] * A6 \\ &\dots (9) \end{aligned}$$

但し、 $R1 \sim R6$: 上記式 (8) により求めたレスポンス

$Z1 [F1] \sim Z6 [F6]$: 2 0 0 d p i 解像度の原画像信号に基づいて作成されたバンドパス信号の $F1 \sim F6$ の周波数におけるレスポンス

$A1 \sim A6$: 変換関数のパラメータ

このようにして求められた変換関数を用いて上記第 1 の実施形態と同様にして 2 0 0 d p i 解像度の画像信号に対して周波数強調処理を施すことにより、解像

度に拘わらず処理済み画像信号 S_{proc} の周波数応答特性が略同一のものとすることができ、これにより原画像の解像度に拘わらず略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号 S_{proc} を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

ここで、上記式 (9) における $Z1 [F1] \sim Z6 [F6]$ の算出方法について説明する。
10本/mmの解像度を有する基準原画像信号 S_{org0} のバンドパス信号は上記図 7 に示す特性を有するものとなる。図 7 に示す特性において実線で示す最高周波数帯域の特性は、図 3 に示す 1 次元フィルタのフィルタ係数をフーリエ変換した結果と、図 5 に示す 1 次元フィルタのフィルタ係数をフーリエ変換した結果とを乗算することによりボケ画像信号の周波数応答特性を得、さらにこの周波数応答特性を基準原画像信号 S_{org0} の周波数応答特性（全周波数帯域に亘って 1 の値を有する）から減算することにより求められる。さらに低周波数帯域の特性については、その周波数帯域に対応する低解像度画像信号を求めるフィルタのフィルタ係数およびボケ画像信号を求めるフィルタ係数に基づいて上記と同様にしてボケ画像信号の周波数応答特性を得、これを 1 つ高周波数帯域のボケ画像信号の周波数応答特性から減算することにより求められる。

【 0 0 5 9 】

ここで、基準原画像信号 S_{org0} の最高周波数帯域のバンドパス信号のレスポンスを $X1 [Fi]$ (Fi : 周波数) なる関数で表し、周波数を 2048 によりサンプリングした場合のバンドパス信号のレスポンスを $X1 [i]$ なる関数とすると、 Fi と i との関係は、

$$i = 2047 \times Fi / fnq \quad (10)$$

但し、 fnq : ナイキスト周波数

$$0 \leq i \leq 2047$$

となる。また、この対応関係を図 1 6 に示す。なお、 i は関数 $X1 [i]$ をテーブルとして扱った場合におけるアドレスとなる。このようにしてバンドパス信号の全周波数帯域におけるレスポンスを関数 $X1 [i] \sim X6 [i]$ として求め、これらの関数 $X1 [i] \sim X6 [i]$ をテーブルとして扱うことにより、上記式 (8) および式 (9) における $X1 [F1] \sim X6 [F6]$ の値を式 (1 0) を用いて容易に求めることができる。

【 0 0 6 0 】

このようにして求められた全周波数帯域のレスポンスの関数 $X1[i] \sim X6[i]$ に基づいてレスポンス $Z1[F1] \sim Z6[F6]$ を求める。なお、ここでは関数 $X1[i]$ から任意の周波数 Fi におけるレスポンス $Z1[Fi]$ を求める場合について説明する。レスポンス $Z1[Fi]$ は 200dpi 解像度の原画像信号に基づいて作成されたバンドパス信号のうち最高周波数帯域のバンドパス信号の周波数 Fi におけるレスポンスである。200dpi 解像度の原画像信号のナイキスト周波数は 4 cycle/mm であり、レスポンス $Z1[Fi]$ の周波数を 2048 によりサンプリングした場合のレスポンスを $Z1[i]$ なる関数で表すものとする、周波数 Fi と i との関係は $X1[i]$ と同様に式 (10) に示すものとなる。関数 $X1[i]$ と関数 $Z1[i]$ の関係を図 17 に示す。概念的には関数 $X1[i]$ と関数 $Z1[i]$ とはナイキスト周波数が異なる別の関数であるが、関数 $X1[i]$ を用いてレスポンス $Z1[Fi]$ を近似的に求めることができる。例えば、2 cycle/mm のレスポンス $Z1[Fi]$ を求める場合は、上記式 (10) により、

$$i = 2047 \times 2 / 4 = 1024$$

となるため、関数 $X1[i]$ におけるアドレスが 1024 となる所の値を求め、それを 2 cycle/mm におけるレスポンス $Z1[Fi]$ として求める。

【 0 0 6 1 】

このように、関数 $X1[i] \sim X6[i]$ をテーブルとして持ち、周波数強調処理を行う原画像信号のナイキスト周波数および上記式 (10) に基づいてアドレス i を求め留ことにより、関数 $X1[i] \sim X6[i]$ のテーブルを参照して近似的にレスポンス $Z1[F1] \sim Z6[F6]$ を求めることができる。

【 0 0 6 2 】

なお、300dpi 解像度の画像を表す原画像信号 S_{org} に対して周波数強調処理を施す場合には、上記式 (8) により基準原画像信号のバンドパス信号の周波数応答特性、300dpi 解像度画像信号に基づくバンドパス信号のピーク周波数、および基準変換関数のパラメータ Y から 300dpi 解像度の原画像信号に基づくバンドパス信号のピーク周波数に対応する周波数でのレスポンスを求める。そして、上記式 (9) により変換関数のパラメータを求めることができる。なお、300dpi 解像度においてはナイキスト周波数は 5.9 cycle/mm であつ

て基準原画像信号 S_{org0} のナイキスト周波数 5 cycle/mm を越えるものとなる。
 ここで、上記式 (8) における $X1 [F1] \sim X6 [F6]$ は、 $0 \sim 5 \text{ cycle/mm}$ の範囲に対する関数値と考えているため、 5.9 cycle/mm に対応する値がなく、式 (8) における $R1$ を求めることができない。したがって、 300 dpi 解像度の画像においては、ピーク周波数として基準原画像信号から得られるバンドパス信号のピーク周波数を用いる。

【0063】

また、 100 dpi 解像度の画像を表す原画像信号 S_{org} に対して周波数強調処理を施す場合について下記に説明する。 100 dpi 解像度のナイキスト周波数は約 2.0 cycle/mm (厳密には 1.97 cycle/mm) であるため、バンドパス信号の数は5つとなる。したがって、上記式 (8)、(9) は下記の式 (11)、(12) に示すように変更され、これにより変換関数の5つのパラメータが求められることとなる。

【0064】

$$\begin{aligned} R1 &= X1 [F1] * Y1 + X2 [F1] * Y2 + X3 [F1] * Y3 + X4 [F1] * Y4 + X5 [F1] * Y5 + X6 [F1] * Y6 \\ R2 &= X1 [F2] * Y1 + X2 [F2] * Y2 + X3 [F2] * Y3 + X4 [F2] * Y4 + X5 [F2] * Y5 + X6 [F2] * Y6 \\ R3 &= X1 [F3] * Y1 + X2 [F3] * Y2 + X3 [F3] * Y3 + X4 [F3] * Y4 + X5 [F3] * Y5 + X6 [F3] * Y6 \\ R4 &= X1 [F4] * Y1 + X2 [F4] * Y2 + X3 [F4] * Y3 + X4 [F4] * Y4 + X5 [F4] * Y5 + X6 [F4] * Y6 \\ R5 &= X1 [F5] * Y1 + X2 [F5] * Y2 + X3 [F5] * Y3 + X4 [F5] * Y4 + X5 [F5] * Y5 + X6 [F5] * Y6 \\ &\dots (11) \end{aligned}$$

但し、 $R1 \sim R5$: ピーク周波数におけるレスポンス (100 dpi 画像)

$X1 [F1] \sim X6 [F5]$: 原画像信号に基づいて作成されたバンドパス信号の $F1 \sim F5$ の周波数におけるレスポンス

$Y1 \sim Y6$: 基準変換関数のパラメータ

$$\begin{aligned} R1 &= Z1 [F1] * A1 + Z2 [F1] * A2 + Z3 [F1] * A3 + Z4 [F1] * A4 + Z5 [F1] * A5 \\ R2 &= Z1 [F2] * A1 + Z2 [F2] * A2 + Z3 [F2] * A3 + Z4 [F2] * A4 + Z5 [F2] * A5 \\ R3 &= Z1 [F3] * A1 + Z2 [F3] * A2 + Z3 [F3] * A3 + Z4 [F3] * A4 + Z5 [F3] * A5 \\ R4 &= Z1 [F4] * A1 + Z2 [F4] * A2 + Z3 [F4] * A3 + Z4 [F4] * A4 + Z5 [F4] * A5 \\ R5 &= Z1 [F5] * A1 + Z2 [F5] * A2 + Z3 [F5] * A3 + Z4 [F5] * A4 + Z5 [F5] * A5 \end{aligned}$$

… (1 2)

但し、 $R1 \sim R5$: 上記式 (1 1) により求めたレスポンス

$Z1 [F1] \sim Z5 [F5]$: 1 0 0 d p i 解像度の原画像信号に基づいて作成されたバンドパス信号の $F1 \sim F5$ の周波数におけるレスポンス

$A1 \sim A5$: 変換関数のパラメータ

なお、上記第 1 および第 2 の実施形態においては、変換処理として上記式 (2) に示す周波数強調処理を行っているが、周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理とを同時に行う処理であってもよい。以下この処理を行う装置について第 3 の実施形態として説明する。図 1 8 は、本発明の第 3 の実施形態による変換処理の一例としての周波数強調処理およびダイナミックレンジ圧縮処理を行う装置の構成をボケ画像信号作成手段 2 とともに示す概略ブロック図である。図 1 8 に示すように、原画像信号 S_{org} と、フィルタリング処理手段 1 0 および補間処理手段 1 1 により作成されたボケ画像信号 S_{usk} について、減算器 2 1 によりそれらの信号の差分が求められ、原画像信号の限られた周波数帯域の成分であるバンドパス信号 ($S_{org} - S_{us1}$ 、 $S_{us1} - S_{us2}$ など) が作成される。このようにして求められたバンドパス信号は、図 1 8 に示すように第 1 の変換手段 3 a および第 2 の変換手段 3 b にそれぞれ入力され、各変換手段の変換器 2 2 a、2 2 b により処理される。

【0 0 6 5】

第 1 の変換手段 3 a の変換器 2 2 a による変換は、上述したように原画像信号 S_{org} の解像度に応じて算出された変換関数を使用して行う。具体的には、例えば図 1 9、図 2 0 に示される変換関数、あるいはこれらを組み合わせた関数を基準変換関数とし、原画像信号 S_{org} の解像度に拘わらず処理済み画像信号 S_{proc} の周波数応答特性が略同一のものとなるように、基準となる変換関数に基づいて解像度に応じた変換関数を算出し、算出された変換関数を使用して行う。

【0 0 6 6】

ここで、図 1 9 に示す変換関数は、振幅の大きなバンドパス信号を抑制するような変換を行うものであり、周波数帯域の高いバンドパス信号の抑制の度合いを、周波数帯域の低いバンドパス信号よりも強くするものであるが、これは実際の

放射線画像のエッジに含まれている高周波成分が、低周波成分に比べてその振幅が小さいということを考慮したものである。実際の放射線画像においては、かなり急峻なエッジでさえも正確な階段状にはなっておらず、高周波成分になるほどその振幅が小さくなっていることが多い。このため、各周波数成分の振幅に合わせて、周波数の高いバンドパス信号ほど小さい振幅から抑制を行うことが望ましく、本関数によりそれを実現することができる。

【0067】

また図20の関数は、バンドパス信号を、バンドパス信号の絶対値に基づいて決まる、その絶対値以下の値となるように変換を行うもので、この関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、バンドパス信号の絶対値が0近傍の所定の範囲内の値であるバンドパス信号を変換した際に得られる変換画像信号の絶対値が小さい値であることを特徴とするものである。言い換えれば、これらの関数はそれぞれ、原点を通り、関数の傾きがその関数により処理される値に拘わらず1以下であり、その関数の0近傍における傾きが、低周波帯域を処理する関数であるほど小さいことを特徴とするものである。これらの関数は、変換画像信号を積算して得られる信号を、原画像信号 S_{org} に加えた場合、原画像信号 S_{org} と加算された信号とのつなぎ目、すなわち信号の立ち上がりをより自然なものとするという効果がある。

【0068】

同様に、第2の変換手段3bの変換器22bによる変換は、例えば図21に示される関数、前述の図20の関数、あるいは図21と図20の関数を組み合わせたものを使用して行う。上記各変換手段3a, 3bにより出力された変換画像信号は、それぞれ演算器23a, 23bに入力される。ここで演算器23aは周波数強調処理に必要な信号を作成するための演算を行い、演算器23bはダイナミックレンジ圧縮処理に必要な信号を作成するための演算を行うものである。

【0069】

演算器23aは、上述した第1の実施形態と同様の周波数強調処理を行うものである。この演算器23aにおいては次のような処理が行われる。まず、上述したように第1の変換手段3aにより変換されたバンドパス信号は積算される。そ

してこの積算信号が求められると、さらに原画像信号 S_{org} の値に応じた強調度 β が乗じられる。

【0070】

一方、演算器 23 b は、ダイナミックレンジ圧縮処理を行うものである。この演算器 23 b においては次のような処理が行われる。まず、上述したように第 2 の変換手段 3 b により変換されたバンドパス信号は積算される。そして求められた積算信号は原画像信号 S_{org} から減じられる。さらにその減算により作成された差分信号が変換関数により変換され、ダイナミックレンジ圧縮係数が得られる。

【0071】

演算器 23 a, 23 b により求められた信号は、それぞれ加算手段 28 により原画像信号 S_{org} に加算され処理済み画像信号 S_{proc} が得られる。

【0072】

以上の処理は、下記の式 (3) により表される。

【0073】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ + D(S_{org} - F_{drc}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})) \dots (3)$$

$$F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})$$

$$= \{ f_{u1}(S_{org} - S_{us1}) + f_{u2}(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{uk}(S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN}(S_{usN-1} - S_{usN}) \}$$

$$F_{drc}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})$$

$$= \{ f_{d1}(S_{org} - S_{us1}) + f_{d2}(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{dk}(S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN}(S_{usN-1} - S_{usN}) \}$$

(但し、 S_{proc} : 処理済み画像信号

S_{org} : 原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$: ポケ画像信号

$f_{uk}(k=1 \sim N)$: 第 1 の変換処理に使用する変換関数

$f_{dk}(k=1 \sim N)$: 第 2 の変換処理に使用する変換関数

β (Sorg) : 原画像信号に基づいて定められる強調係数

D (Sorg - Fdrc) : 低周波成分信号に基づいて定められる

ダイナミックレンジ圧縮係数

(DはSorg - Fdrcを変換する関数)

ここで、図 1 8 に示す第 3 の実施形態においては、周波数強調処理に使用する信号とダイナミックレンジ圧縮処理に使用する信号をそれぞれ原画像信号 Sorg に基づいて作成して最後に加算を行うものであるが、原画像信号 Sorg に対して周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理のいずれか一方の処理を先に行い、その結果得られた信号に対して他の一方の処理を行うようにする場合も含むものとする。但し、一般に放射線画像の低濃度部は撮影時の撮影線量が少ない部分であるためノイズが比較的多く含まれている。これに対し、周波数強調処理では高濃度部ほど強調の度合いが高くなる濃度依存の強調処理を行っているため、原画像信号に対して直接周波数強調処理を行えばこの低濃度部は強調されず、ノイズが強調されることがない。一方、例えば原画像信号に対しダイナミックレンジ圧縮処理を施してから周波数強調処理を行うと、低濃度部はダイナミックレンジ圧縮処理により濃度が高められることになる。つまり、強調処理においてその部分が強調されることとなり、同時にその部分に含まれるノイズが強調されてしまうことになる。したがって、望ましくは図 1 8 に示す第 3 の実施形態のように原画像信号 Sorg に基づいて各信号を作成するのがよい。また処理時間の短縮という意味でも、2 つの処理は並列に行うことが望ましい。

【0 0 7 4】

このように、ダイナミックレンジ圧縮処理を行う場合においても、原画像信号 Sorg の解像度に応じて処理済み画像信号 Sproc の周波数応答特性が略同一のものとなるように変換関数を算出することにより、原画像信号 Sorg の解像度に拘わらず略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号 Sproc を得ることができる。

【0 0 7 5】

なお、上記第 1 から第 3 の実施形態においては、入力される原画像信号 Sorg の解像度に応じて変換関数を算出しているが、入力する原画像信号 Sorg のレス

ポンスに関する特性情報に基づいて変換関数を補正してもよい。すなわち、原画像信号 S_{org} を取得するための装置としては、蓄積性蛍光体シートから放射線画像を読み取る装置の他、半導体センサなどもあり、得られる原画像信号 S_{org} のレスポンスが装置に応じて異なるものである。このため、装置に応じた原画像信号 S_{org} のレスポンスに関する特性情報に基づいて変換関数を補正することにより、原画像信号 S_{org} を取得する装置に拘わらず、一定の周波数応答特性を有する処理済み画像信号 S_{proc} を得ることができる。例えば、ある装置において得られる原画像信号 S_{org} の 2 cycle/mm におけるレスポンスが基準となるレスポンスから 40% 劣っているような場合には、その旨を特性情報として本発明による画像処理装置に入力し、画像処理装置においては 2 cycle/mm のレスポンスが基準レスポンスとなるように変換関数を補正し、補正された変換関数により処理済み画像信号 S_{proc} を得る。

【0076】

さらに、上記第2および第3の実施形態においては、変換関数を非線形関数としてバンドパス信号に対して変換処理を施しているが、非線形関数に限定されるものではなく、変換関数を線形関数や定数としてもよい。

【0077】

また、上記第1から第3の実施形態においては、原画像信号からフィルタリングおよび補間拡大によりボケ画像信号を求め、原画像信号およびボケ画像信号からバンドパス信号を作成しているが、これに限定されるものではなく、例えば原画像信号をウェーブレット変換やラプラシアンピラミッドなどの手法により多重解像度に変換し、変換された各解像度毎の画像信号からボケ画像信号を作成してバンドパス信号を作成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図2】

ボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図

【図 3】

フィルタリング処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 4】

低解像度画像信号作成処理の詳細を示す図

【図 5】

補間拡大処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 6】

周波数強調処理装置の一例を示す図

【図 7】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（画素密度10本/mm）

【図 8】

処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

【図 9】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（300dpi）

【図 10】

第1の実施形態により得られた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

【図 11】

第1の実施形態の処理を示すフローチャート

【図 12】

変換関数の選択状態を示す図

【図 13】

解像度に応じたバンドパス信号の数を示す図

【図 14】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す概略図（200dpi）

【図 15】

処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

【図 16】

レスポンス $X_1[F_1]$ と関数 $X_1[i]$ との対応関係を示す図

【図 1 7】

関数 $X1[i]$ と関数 $Z1[i]$ との関係を示す図

【図 1 8】

ダイナミックレンジ圧縮処理装置の一例を示す図

【図 1 9】

第 1 の変換手段における変換関数の一例を表す図

【図 2 0】

第 1 の変換手段における変換関数の他の例を表す図

【図 2 1】

第 2 の変換手段における変換関数の一例を表す図

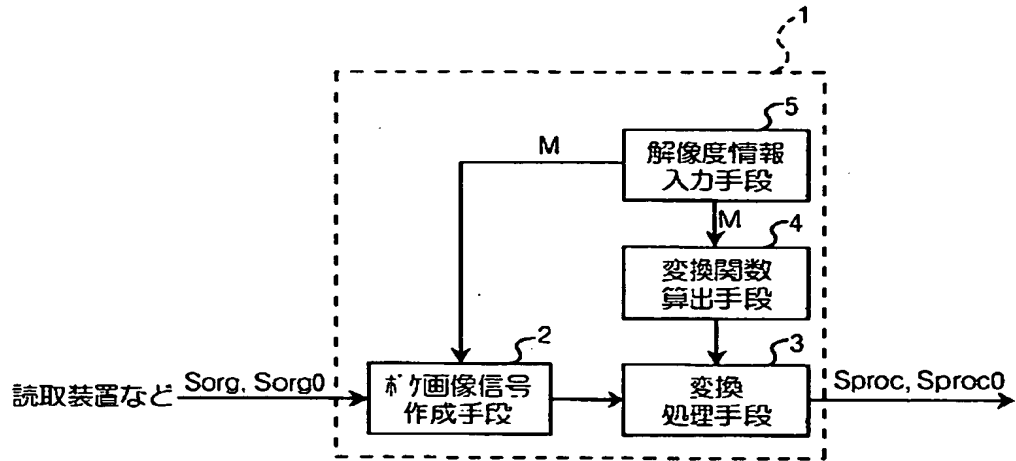
【符号の説明】

- 1 画像処理装置
- 2 ボケ画像信号作成手段
- 3 変換処理手段
- 4 変換関数算出手段
- 5 解像度情報入力手段
- 10 フィルタリング処理手段
- 11 補間処理手段
- 21 減算器
- 22 変換器
- 23 演算器

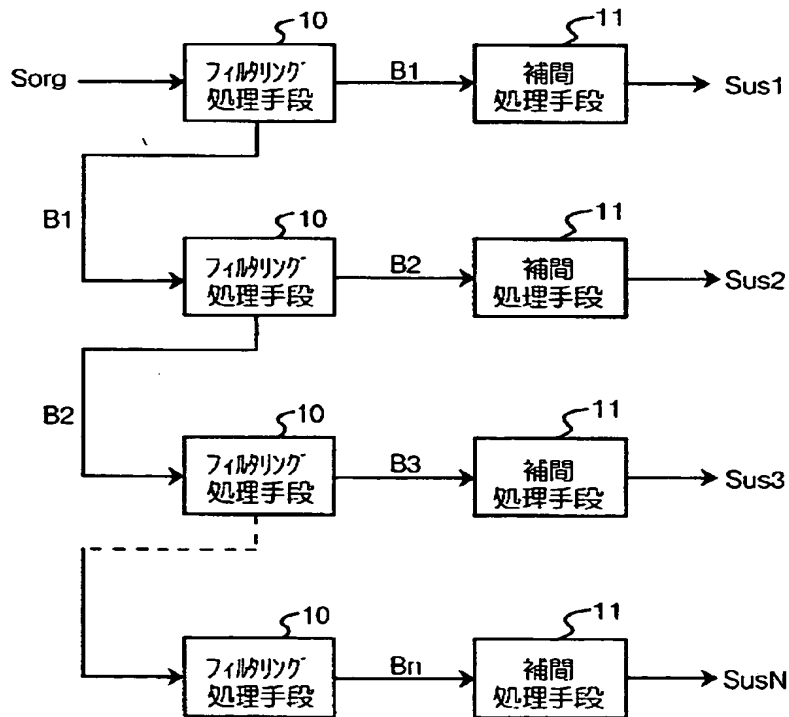
【書類名】

図面

【図 1】



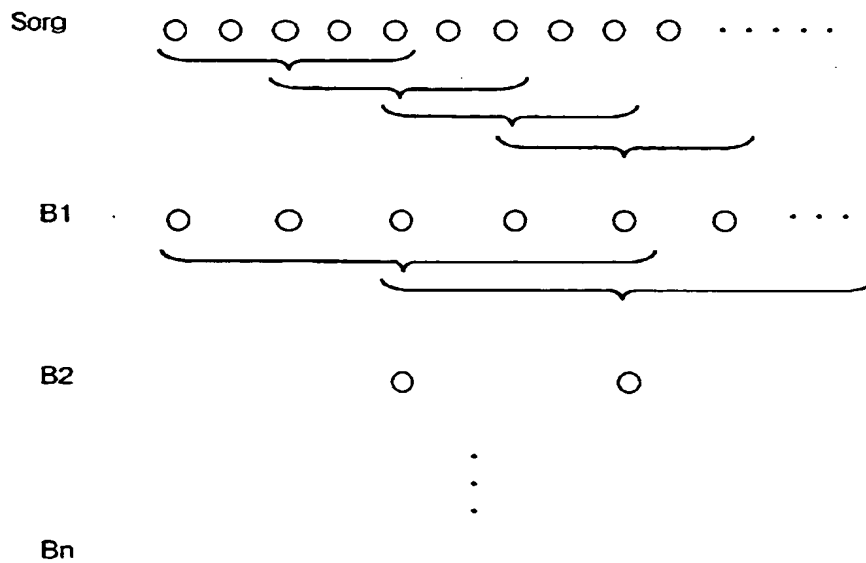
【図 2】



【図 3】

| | | | | |
|------|------|-----|------|------|
| 0.05 | 0.25 | 0.4 | 0.25 | 0.05 |
|------|------|-----|------|------|

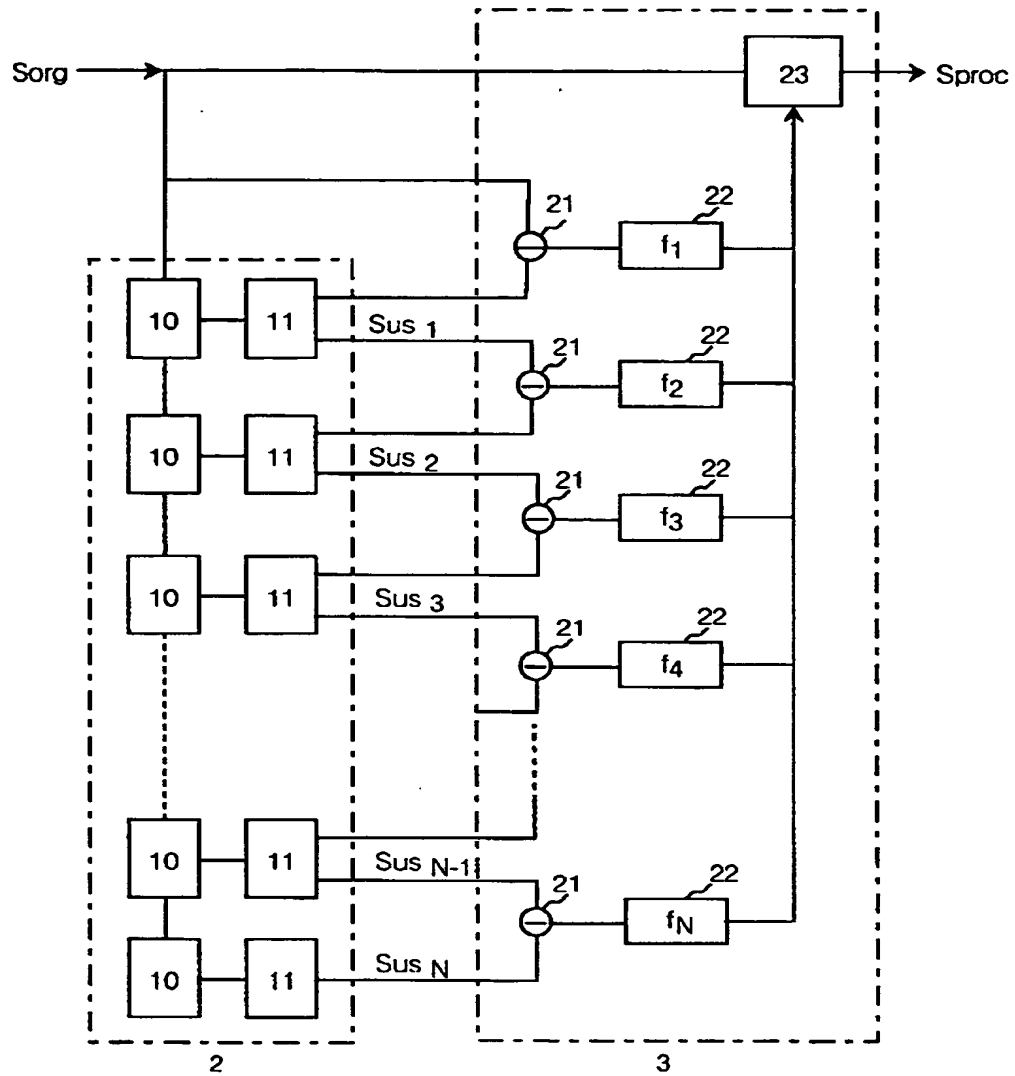
【図 4】



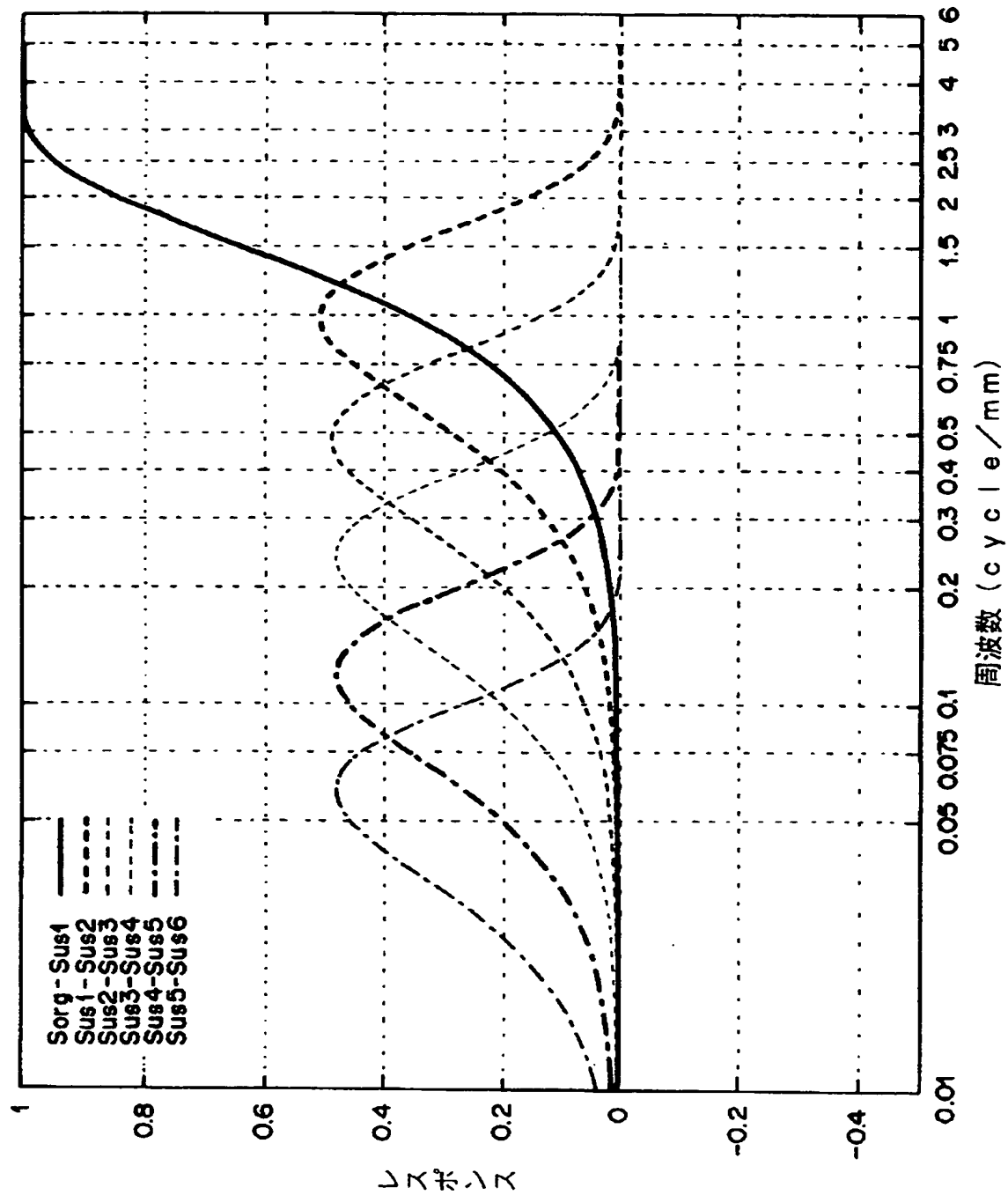
【図 5】

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0.1 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.1 |
|-----|-----|-----|-----|-----|

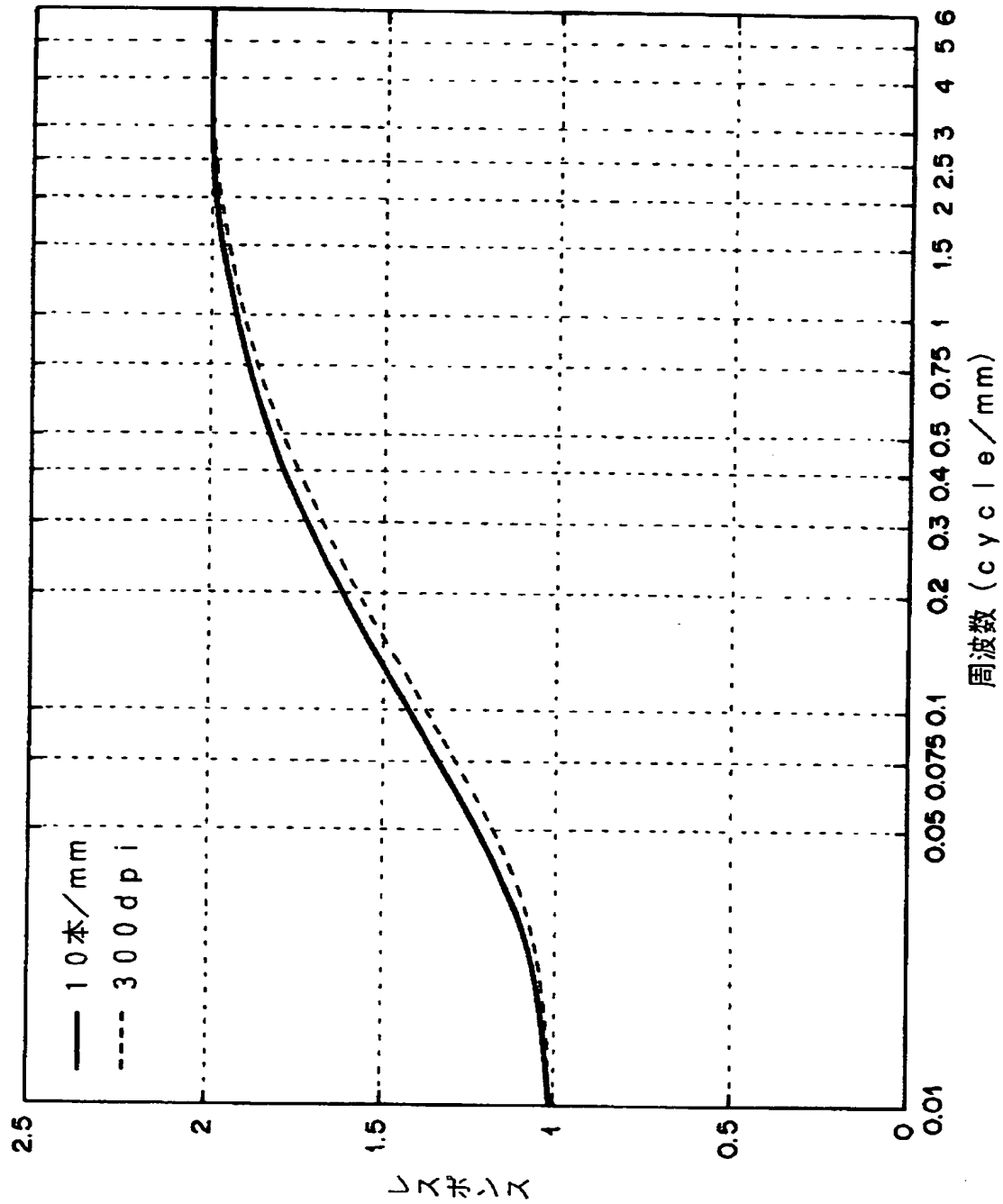
【図 6】



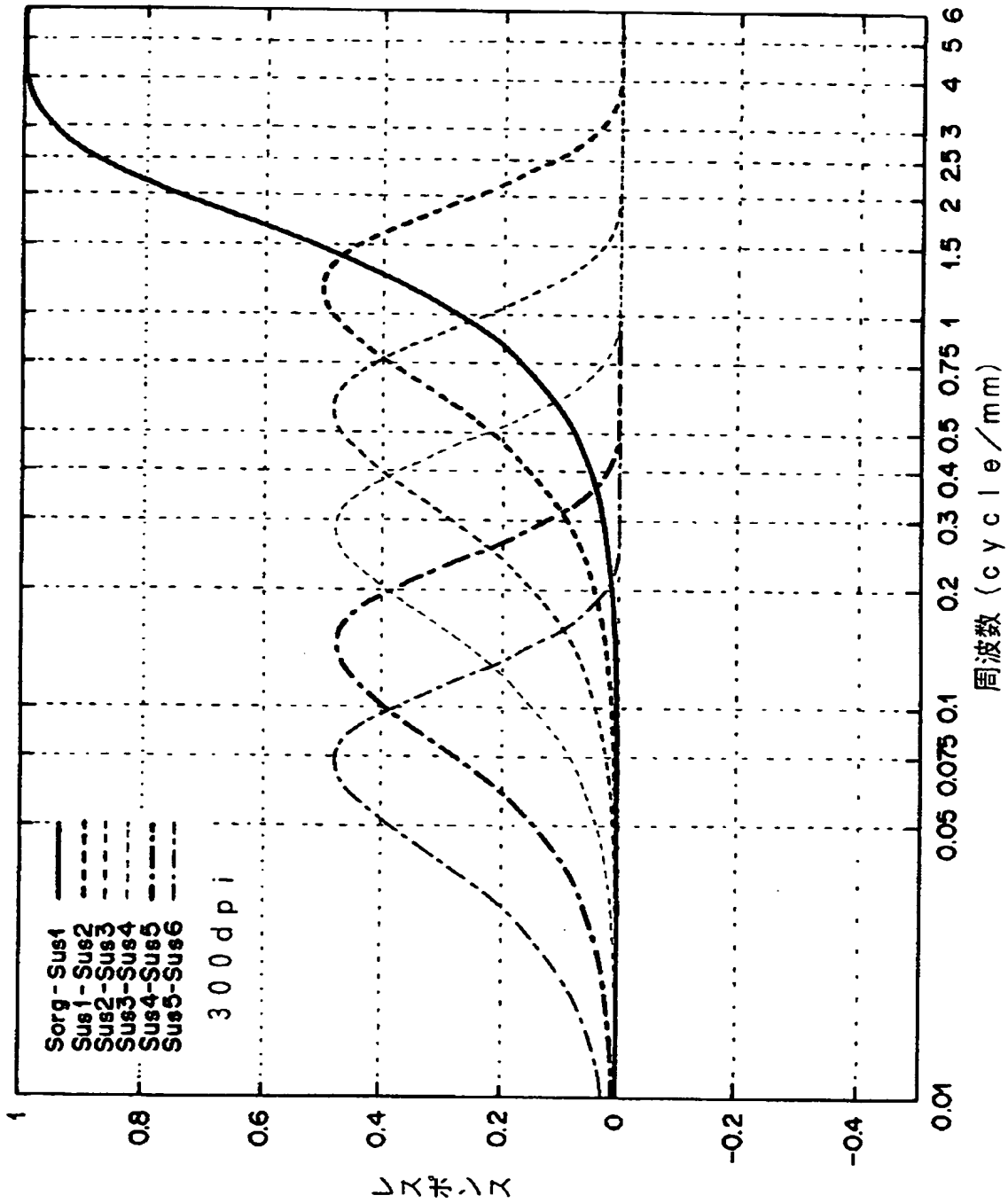
【図 7】



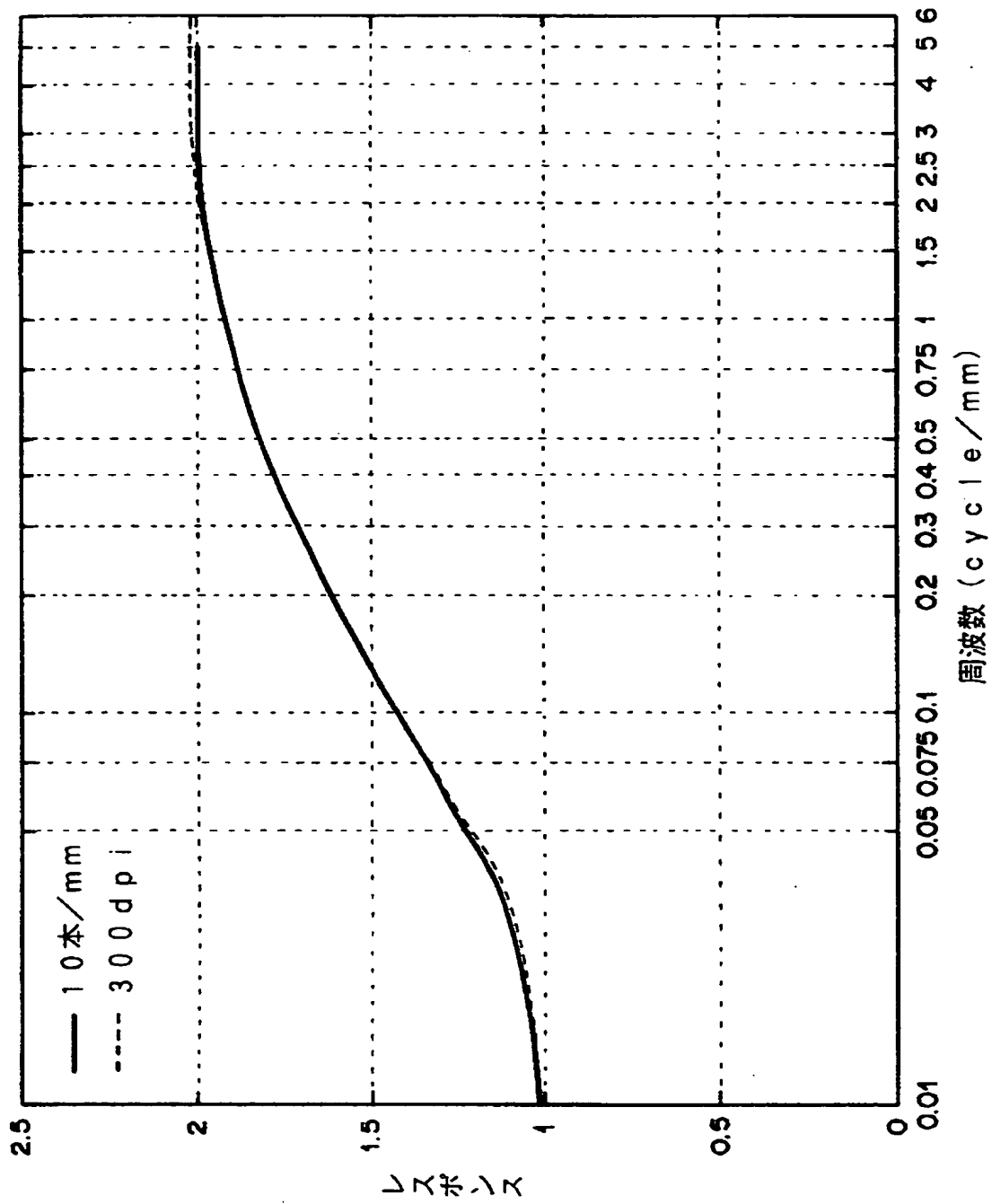
【図 8】



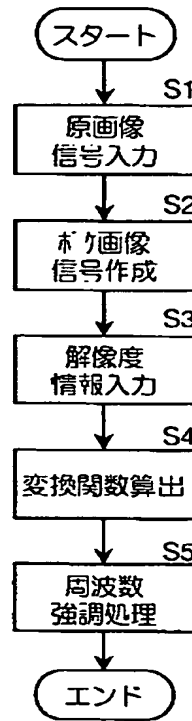
【図9】



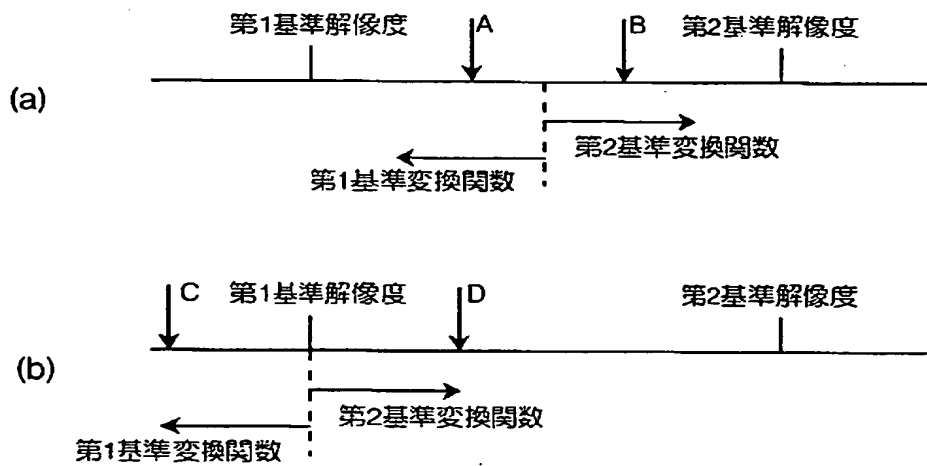
【図 1 0】



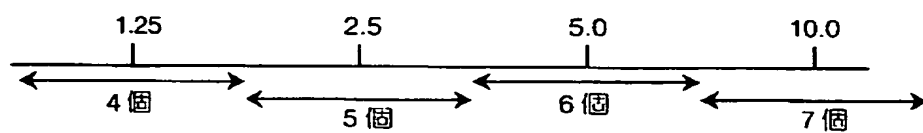
【図 1 1】



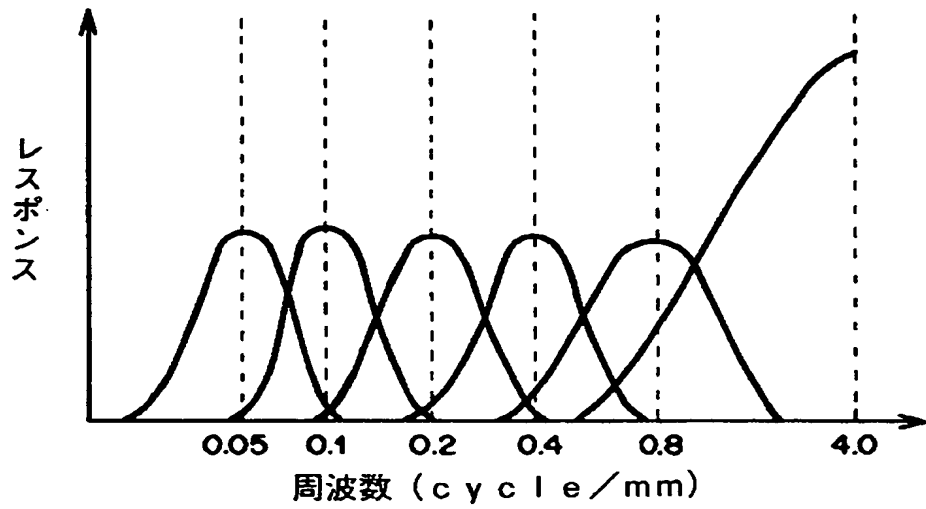
【図 1 2】



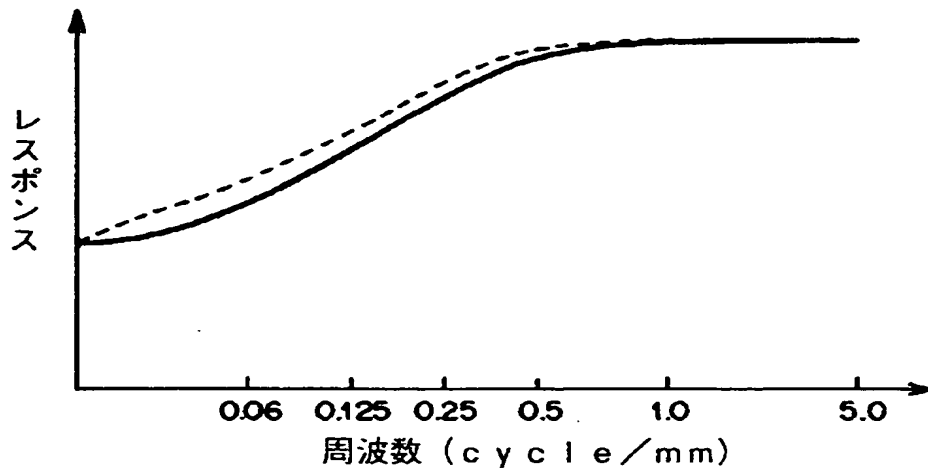
【図 1 3】



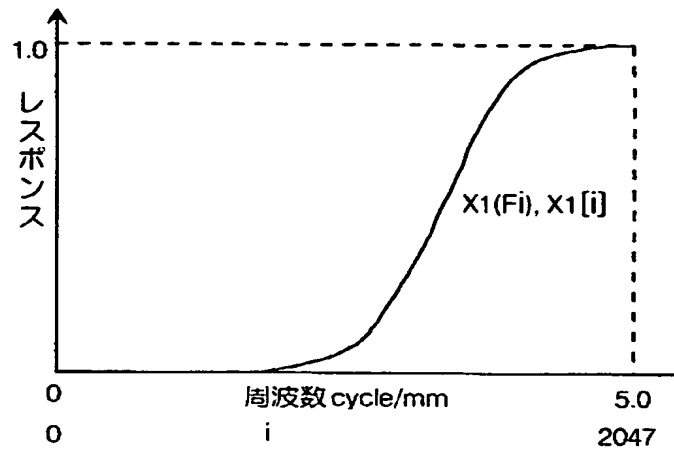
【図 14】



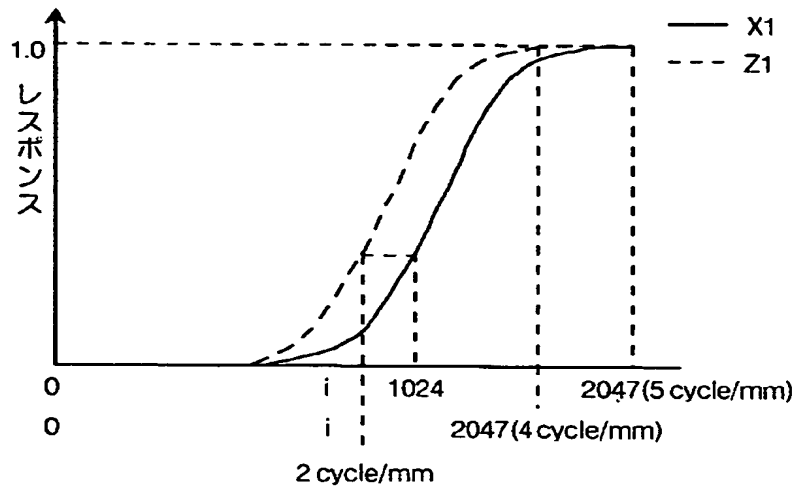
【図 15】



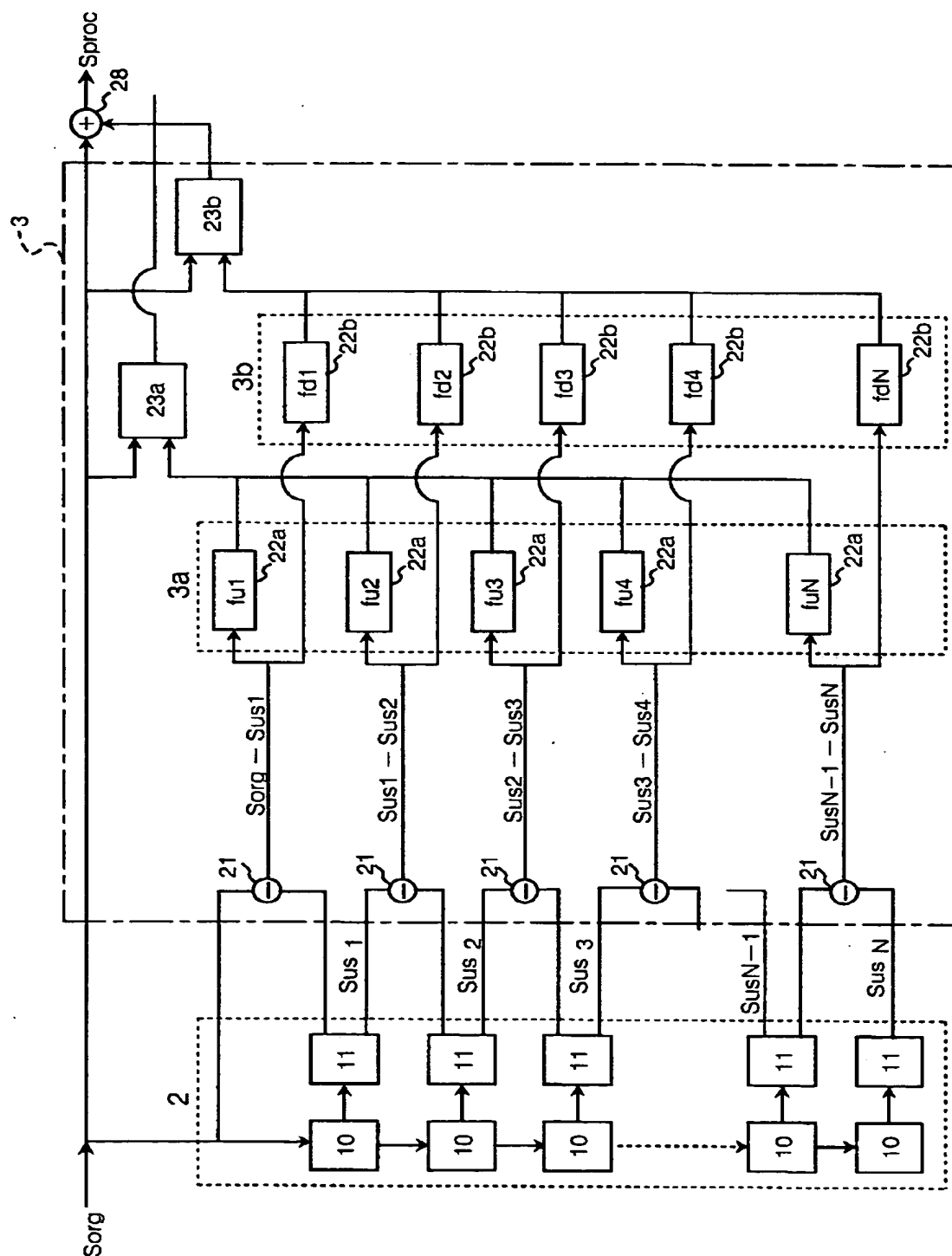
【図 1 6】



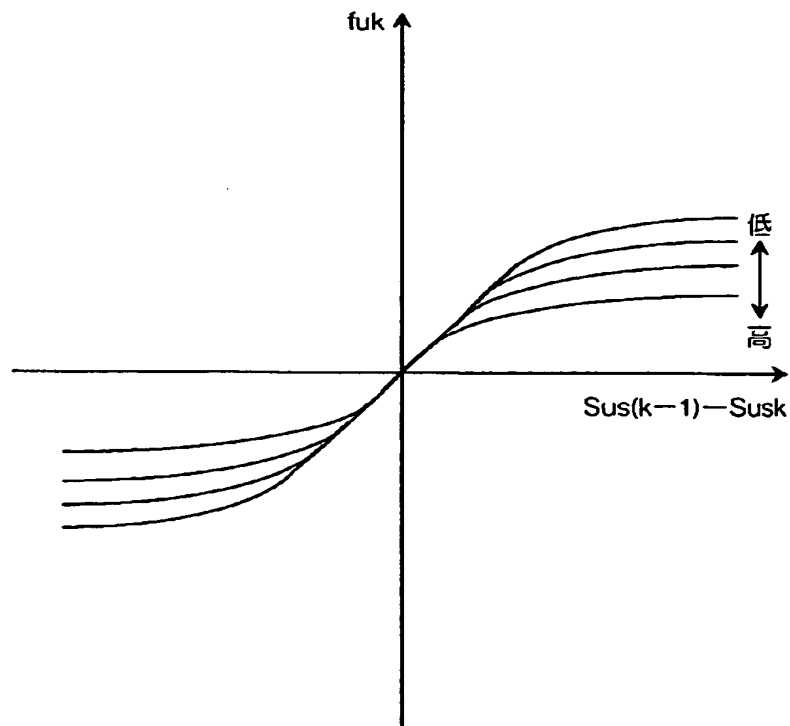
【図 1 7】



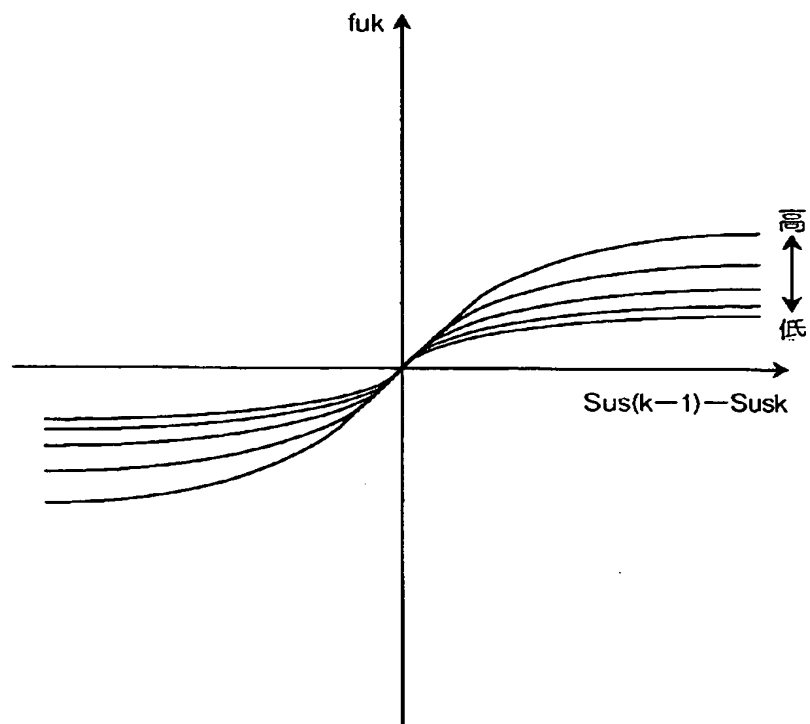
【図 1 8】



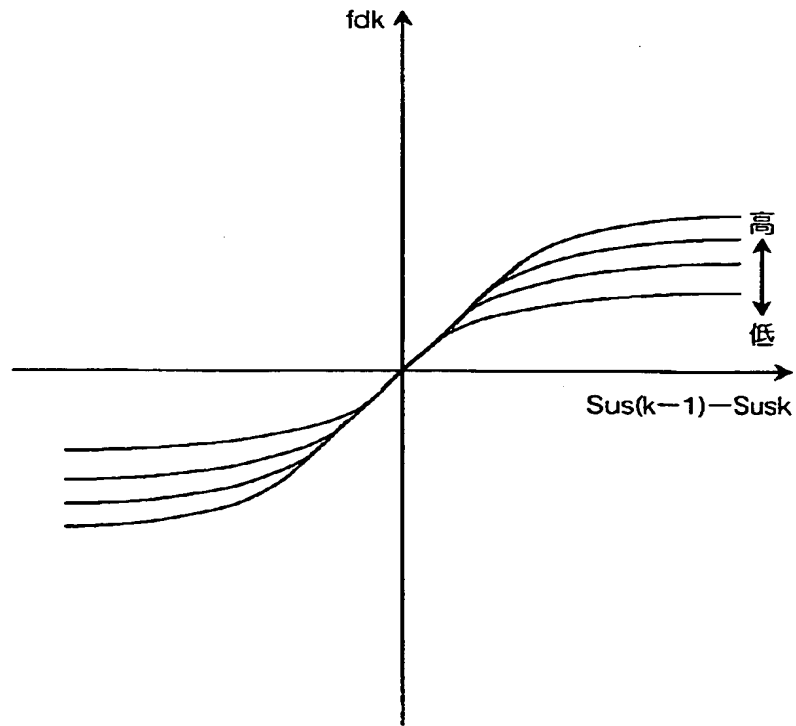
【図 1 9】



【図 2 0】



【图 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、各画像信号を複数の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、各変換画像信号から原画像信号の特定の周波数成分を強調するなどの処理が施された処理済み画像信号を得る画像処理方法において、原画像信号の解像度に拘わらず略同一の周波数応答特性が得られるようにする。

【解決手段】 解像度情報入力手段 5 により、原画像信号 S_{org} の解像度情報 M を入力し、この解像度情報 M に基づいて基準となる変換関数に基づいて変換関数算出手段 4 において変換関数を算出し、変換処理手段 3 がその算出された変換関数を用いて処理を行う。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------|
| 特許出願の番号 | 平成11年 特許願 第026323号 |
| 受付番号 | 59900091545 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第八担当上席 0097 |
| 作成日 | 平成11年 2月18日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

| | |
|----------|-----------------|
| 【識別番号】 | 000005201 |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県南足柄市中沼210番地 |
| 【氏名又は名称】 | 富士写真フイルム株式会社 |

【代理人】

申請人

| | |
|----------|---|
| 【識別番号】 | 100073184 |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B ENEX S-1 7階 柳田国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 柳田 征史 |

【選任した代理人】

| | |
|----------|---|
| 【識別番号】 | 100090468 |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B ENEX S-1 7階 柳田国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 佐久間 剛 |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 0 1]

| | |
|----------|---------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 1 4 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 |
| 氏 名 | 富士写真フイルム株式会社 |